

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 63-180766

(43)Date of publication of application : 25.07.1988

(51)Int.Cl.

F16H 55/08

(21)Application number : 62-014614

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 23.01.1987

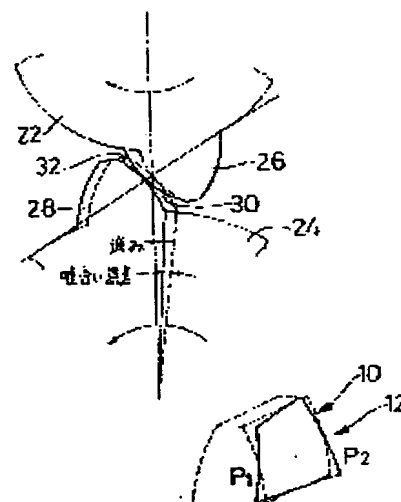
(72)Inventor : OMORI TOSHIO
KATO SHOGO

(54) PROFILE MODIFIED GEAR

(57)Abstract:

PURPOSE: To reduce gear noise still more, by applying bias correction in which the amount of pressure angle correction in the direction of tooth width gradually changes, so that the engaging part of a pair of gears engaging each other can be lengthened along the advancing direction.

CONSTITUTION: The amount of correction in a bias correction is expressed by the difference in the pressure angle correction amounts at both ends of an inspection tooth width or the difference between the pressure angle correction amount P_1 at one end in the tooth width direction as shown in the figure and that P_2 at the other end. Then, the target correction amount of the bias correction is set to a value in which chiefly the primary and secondary components, out of order components of engaging error obtained by developing the engaging error wave form into Fourier series, become small. In the gear to which this bias correction has been applied, consequently, the engaging part of a pair of gears engaging each other is lengthened along the advancing direction of engaging. In this profile modified gear, since the bias correction is applied as a correction element for a reference tooth surface 10, the engaging error of gear is reduced, and the gear noise can be still more reduced.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of extinction of right]

⑫ 公開特許公報(A)

昭63-180766

⑪ Int.Cl.⁴
F 16 H 55/08識別記号 庁内整理番号
Z-8211-3J

⑬ 公開 昭和63年(1988)7月25日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全7頁)

⑭ 発明の名称 歯形修正歯車

⑯ 特 願 昭62-14614

⑰ 出 願 昭62(1987)1月23日

⑱ 発 明 者 大 森 利 雄 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
 ⑲ 発 明 者 加 藤 昭 悟 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
 ⑳ 出 願 人 トヨタ自動車株式会社 愛知県豊田市トヨタ町1番地
 ㉑ 代 理 人 弁理士 池田 治幸 外2名

明 細 書

1. 発明の名称

歯形修正歯車

2. 特許請求の範囲

- (1) インボリュート歯形を成す基準歯面に修正を加えた歯形修正歯車であって、

互いに噛み合う一對の歯車の歯当り部が噛合い進行方向に沿って長く延びるように、歯幅方向における圧力角修正量が漸次変化するバイアス修正が施されていることを特徴とする歯形修正歯車。

- (2) 前記バイアス修正の修正量を検査歯幅の両端における前記圧力角修正量の差で表したとき、該バイアス修正の目標修正量 B^* は、噛合い誤差波形をフーリエ展開することによって求められる噛合い誤差の次数成分のうち、主として一次成分および二次成分が小さくなる値に設定されている特許請求の範囲第1項に記載の歯形修正歯車。

- (3) 前記バイアス修正の修正量を検査歯幅の両端

における前記圧力角修正量の差で表したとき、該バイアス修正の目標修正量 B^* (μm) は、検査歯幅寸法を W (mm) とすると、互いに噛み合わされる一對の歯車の歯面の修正量の相対値において、次式

$$|B^*| = (0.8 \sim 1.6) \cdot W$$

を満足するものであり、実際の歯面形状は前記基準歯面に該目標修正量 B^* および加工公差を加えた形状である特許請求の範囲第1項に記載の歯形修正歯車。

3. 発明の詳細な説明

技術分野

本発明はインボリュート歯車に係り、特にインボリュート歯形を成す基準歯面に修正を加えた歯形修正歯車に関するものである。

従来技術

駆動軸から従動軸への動力伝達手段としてインボリュート歯車が多用されているが、噛合い誤差を小さくして歯車騒音を低減するために、インボリュート歯形を成す基準歯面に微小な修正を加え

て使用されることがある。すなわち、歯車騒音が最も小さくなる圧力角修正量および振れ角修正量を求め、それ等を上記基準歯面に与えて歯形を修正するのである。なお、上記圧力角修正量は、概念的には第8図の(a)に示されているように、破線で示されている基準歯面10に対して実線で示されている修正歯面12の歯タケ方向における修正量Pで表され、更に具体的に説明すると、第10図において実線で示されている歯形測定機で測定した実際の歯形と、破線で示されている無修正歯形との比較において、検査範囲内での平均線の傾きの尺度として表される。また、振れ角修正量は、第8図の(b)に示されているように基準歯面10に対する修正歯面12の歯幅方向における修正量Sで表される。

発明が解決しようとする問題点

しかしながら、かかる従来の歯形修正歯車は、上記のように主として圧力角修正および振れ角修正のみに基づいて歯形を修正していたため、必ずしも十分に満足し得る騒音低減効果が得られなかつた。

った。

これは、従来は、例えば第9図において○印で示されているように圧力角修正量Pおよび振れ角修正量Sがそれぞれ異なる多数のテスト歯車を製造し、それを噛み合わせて歯車騒音を測定することにより歯車騒音の等音曲線を求め、その等音曲線に基づいて歯車騒音が最も小さくなる最適な修正歯面形状を決定していたため、それ等の圧力角修正および振れ角修正に加えて、例えば第8図の(c)、(d)に示されているバイアス修正や歯形凹凸修正などの他の修正要素を含めて最適な修正歯面形状を求めようとすると、テスト歯車の種類が膨大な数になるばかりでなく、そのテスト歯車の加工誤差等により必ずしも正確なデータが得られなかつたからである。

問題点を解決するための手段

本発明は上記問題点を解決するために為されたものであり、その要旨とするところは、インポリュート歯形を成す基準歯面に修正を加えた歯形修正歯車であって、互いに噛み合う一対の歯車の歯

3

当り部が噛み合い進行方向に沿って長く延びるように、歯幅方向における圧力角修正量が漸次変化するバイアス修正が施されていることにある。

作用および発明の効果

このような歯形修正歯車においては、基準歯面に対する修正要素としてバイアス修正が加えられているため、後述する試験結果からも明らかなように、歯車の噛み合い誤差が小さくなって歯車騒音が一層低減されるのである。

ここで、上記バイアス修正の修正量を検査歯幅の両端における圧力角修正量の差、すなわち前記第8図(c)の歯幅方向における一端の圧力角修正量 P_1 と他端の圧力角修正量 P_2 との差で表すと、そのバイアス修正の目標修正量 B^* は、好適には、噛み合い誤差波形をフーリエ展開することによって求められる噛み合い誤差の次数成分のうち、主として一次成分および二次成分が小さくなる値に設定される。なお、上記圧力角修正量 P_1 、 P_2 としては、通常は、前記第10図の値Pが用いられる。また、このようにして求められたバイアス修正が

4

施された歯車は、結果的に互いに噛み合う一対の歯車の歯当り部が噛み合い進行方向に沿って長くなる。また、上記検査歯幅とは、平歯車およびハスパ歯車の精度(JIS-B-1702)における検査範囲であり、一般に全歯幅の60~80%である。更に、上記噛み合い誤差波形とは、駆動側歯車を理論回転させた場合における従動側歯車の回転むらで、その従動側歯車の回転の進み、遅れを変位量、速度変化、または加速度変化等で表した波形である。

一方、かかる目標修正量 B^* を、歯数、モジュール、歯幅、外径、圧力角、振れ角等の諸元が異なる自動車のトランスミッション用の種々の歯車について求めると、その目標修正量 B^* (μm)は、検査歯幅寸法をW (mm)としたとき、互いに噛み合わされる一対の歯車の歯面の修正量の相対値において、次式(1)

$$|B^*| = (0.8 \sim 1.6) \cdot W \quad \dots (1)$$

を満足する範囲内となる。換言すれば、目標修正量 B^* の絶対値は、検査歯幅寸法Wに0.8を掛算

5

6

した値以上、検査歯幅寸法 W に 1.6 を掛算した値以下となるのである。したがって、かかる (1) 式を用いて目標修正量 B^* を設定すれば、上記のように一々噛合い誤差波形を求めることなく、容易にバイアス修正を施すことが可能となる。また、この (1) 式において、目標修正量 B^* は絶対値 $|B^*|$ として表されているが、これは目標修正量 B^* が検査歯幅の両端における圧力角修正量の差で表されているため、何れの端部を基準とするかによって正負が逆になるからである。このため、この場合の目標修正量 B^* の正負は、互いに噛み合う一対の歯車の歯当り部が噛合い進行方向に沿って長くなるように定められる。また、前記相対値とは、駆動側歯車の歯面の修正量と、その歯面に接触する従動側歯車の歯面の修正量との総和を意味し、例えば一方の歯車に上記目標修正量 B^* を与えた場合には、他方の歯車の修正量は 0 となる。

なお、上記目標修正量 B^* は歯車製造時における目標値で、歯車製造後における実際の歯面形状は、前記基準歯面にその目標修正量 B^* および加

工公差を加えた形状となる。また、この目標修正量 B^* はバイアス修正のみの修正量であり、他の修正要素、例えば圧力角修正や捩れ角修正が加えられる場合には、更にそれ等の修正量が加算される。

実施例

以下、本発明の一実施例を図面に基づいて詳細に説明する。

まず、第 1 図は、本発明に係る歯形修正歯車の最適な修正歯面形状を求めるためのシミュレーションプログラムの内容を説明するフローチャートであり、ステップ S 1 において、歯車諸元、歯面修正値および負荷トルクが読み込まれる。歯車諸元は、歯車の形状、圧力角、捩れ角、歯数、歯タケ、モジュール、歯幅、外径、歯底径等で、製造すべきインボリュート歯車の種類によって定まるものであり、負荷トルクはその歯車の使用条件等を考慮して設定される。また、歯面修正値としては、第 8 図に図示されている圧力角修正、捩れ角修正、バイアス修正、歯形凹凸修正、および図示

7

しないクラウニング修正の各々の修正量 P 、 S 、 B 、 R 、および C がそれぞれ設定される。

ここで、圧力角修正とは、インボリュート歯形から成る基準歯面 10 に対する修正歯面 12 の歯タケ方向における偏差で、その修正量 P は基準歯面 10 に対して圧力角が増大する方向を正として設定されている。また、捩れ角修正とは、基準歯面 10 に対する修正歯面 12 の歯幅方向における偏差で、その修正量 S は基準歯面 10 に対して捩れ角が増大する方向を正として設定されている。更に、バイアス修正とは、歯幅方向で圧力角修正量を漸次変化させることで、その修正量 B は検査歯幅の両端における圧力角修正量の差として設定されている。この圧力角修正量は、具体的には第 10 図の値 P が用いられ、第 8 図 (c) の歯幅方向における両端の圧力角修正量をそれぞれ P_1 、 P_2 とすると、バイアス修正量 B は、次式

$$B = P_1 - P_2 \quad \dots (2)$$

で表される。

また、上記歯形凹凸修正とは、基準歯面 10 に

8

対する修正歯面 12 の歯タケ方向における中央部の偏差で、その修正量 R は基準歯面 10 から盛り上がる方向を正として設定されている。また、クラウニング修正とは、基準歯面 10 に対する修正歯面 12 の歯幅方向における中央部の偏差で、その修正量 C は基準歯面 10 から盛り上がる方向を正として設定されている。

次に、ステップ S 2 において、上記基準歯面 10 に圧力角修正、捩れ角修正、バイアス修正、歯形凹凸修正、およびクラウニング修正による全ての修正が加えられた修正歯面の等高線が作成され、ステップ S 3 において回転角 θ が 0 とされる。この回転角 θ は、上記修正歯面を備えた歯形修正歯車と理論上のインボリュート歯形を備えた基準歯車とを互いに噛み合わせて相対回転させた場合の駆動側歯車の回転角であり、続いて実行されるステップ S 4 ~ S 6 が繰り返されることにより、1 ピッチすなわち一歯分だけ相対回転させた場合の噛合い誤差が回転角 $\Delta \theta$ 毎に理論的に求められる。上記噛合い誤差は、第 2 図に示されているように、

9

10

駆動側歯車22を理論回転させた場合における従動側歯車24の回転むらで、その従動側歯車24の回転の進み、遅れを変位量、速度変化、または加速度変化等にて表したものである。また、この噛合い誤差は、互いに噛み合う歯26、28の噛みや歯面30、32の形状などによって生じるもので、前記ステップS1において設定された歯車諸元や負荷トルクおよびステップS2において作成された歯面等高線に基づいて求められる。なお、第2図の破線は、無負荷時の噛合い誤差が0の場合であり、実線は負の圧力角修正を施した場合である。

そして、ステップS7において、上記回転角 $\Delta\theta$ 毎に求められた噛合い誤差から噛合い誤差波形が作成され、続くステップS8においては、フーリエ展開によってその噛合い誤差波形が一次成分と二次成分等とに分解される。第3図の実線は、変位量(μm)についての噛合い誤差波形の一例であり、一点鎖線および破線は、その噛合い誤差波形をフーリエ展開して求められた噛合い誤差の周

波数分析である。

その後、前記ステップS1における歯面修正値、すなわち圧力角修正、捩れ角修正、バイアス修正、歯形凹凸修正、およびクラウニング修正の修正量 P 、 S 、 B 、 R 、 C をそれぞれ変更して、歯面形状が異なる種々の歯形修正歯車の噛合い誤差の主として一次成分、二次成分を、上述したのと同様にして求める。ここで、かかる噛合い誤差の次数成分は、コンピュータによるシュミレーションによって求められるため、歯形修正を施した歯車を実際に製造する必要がなく、歯面修正値が異なる種々の歯形修正歯車に関する正確なデータが容易に得られる。

そして、このようにして得られた噛合い誤差の主として一次成分、二次成分のデータを解析することにより、上記圧力角修正、捩れ角修正、バイアス修正、歯形凹凸修正、およびクラウニング修正の各々について、噛合い誤差が最小となる目標修正量 P^* 、 S^* 、 B^* 、 R^* および C^* を求める。これは、例えば圧力角修正および捩れ角修正

1 1

については第4図に示されているように、圧力角修正量 P および捩れ角修正量 S をそれぞれ縦軸および横軸として等噛合い誤差線を一次成分、二次成分毎に作成すること等により、また、バイアス修正および歯形凹凸修正については第5図に示されているように、バイアス修正量 B を横軸として歯形凹凸修正量 R が $5\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ 、 $15\mu\text{m}$ および $20\mu\text{m}$ の場合の噛合い誤差のグラフを一次成分、二次成分毎に作成すること等により、それぞれ噛合い誤差が最小となる目標修正量 P^* 、 S^* 、 B^* 、 R^* の範囲を求めることができる。第4図において破線で示されている範囲、第5図において斜線で示されている範囲は、それぞれその目標修正量の範囲の一例であるが、これ等は歯車の要求精度に応じた加工公差を考慮して定められる。また、上記噛合い誤差は、噛合い誤差の次数成分の最大値すなわち全振幅であり、目標修正量 P^* 、 S^* 、 B^* 、 R^* および C^* の範囲は主として一次成分および二次成分の噛合い誤差が小さくなる範囲に設定される。第1表は、かかる目標修正量 P^* 、

1 2

S^* 、 B^* 、 R^* および C^* の一例を、前記第9図に示されているように実際にテスト歯車を製造して圧力角修正、捩れ角修正の目標修正量 P^* 、 S^* を設定していた従来の場合と比較して示したものである。なお、単位は何れも μm である。

第 1 表

目標修正量	本実施例	従 来
圧力角 P^*	- 5	1 0
捩れ角 S^*	- 5	- 1 0
バイアス B^*	1 5	0
歯形凹凸 R^*	1 0	1 0
クラウニング C^*	1 0	1 0

そして、このような目標修正量 P^* 、 S^* 、 B^* 、 R^* および C^* だけ基準歯面10に修正を加えた歯形修正歯車によれば、従来の主として圧力角修正および捩れ角修正のみの修正が加えられた歯車に比較して、歯車騒音低減のために一層極め細かな修正が加えられることとなり、噛合い誤差が小さくなって歯車騒音が大幅に低減される。特に、

1 3

1 4

本実施例では圧力角修正、振れ角修正、バイアス修正、歯形凹凸修正、およびクラウニング修正の5つの項目についての修正が加えられているとともに、それ等の目標修正量 P^* 、 S^* 、 B^* 、 R^* および C^* は噛合い誤差の主として一次成分、二次成分が小さくなる範囲で且つ加工公差を考慮して設定されているため、優れた騒音低減効果が得られるのである。

なお、上記バイアス修正が施された歯車は、結果的に互いに噛み合う一對の歯車の歯当り部が噛合い進行方向に沿って長くなる。

また、上記目標修正量 P^* 、 S^* 、 B^* 、 R^* および C^* は、互いに噛み合わされる一對の歯車の歯面の修正量の相対値である。したがって、この目標修正量 P^* 、 S^* 、 B^* 、 R^* および C^* を、互いに噛み合う一對の歯車の双方に分散して歯面を修正することもできる。例えば、一方の歯車の修正量を $B^*/2$ とした場合には、その歯車と噛み合う他方の歯車の修正量を $-B^*/2$ とすればよく、双方の整上げ量の総和が目標修正量 B^*

となればよいのである。

因に、第6図および第7図は、上記のようにして目標修正量 P^* 、 S^* 、 B^* 、 R^* および C^* を求めて基準歯面10に修正を加えた本発明の歯形修正歯車対と、圧力角修正および振れ角修正のみについて修正を加えた従来の歯形修正歯車対とを、それぞれ自動車のトランスミッションに取り付けて、運転時におけるトランスミッション近傍で測定した歯車騒音をその歯車の噛合い誤差の一次成分、二次成分との関係で示した図である。これ等の図から明らかなように、噛合い誤差が小さい程歯車騒音は低くなるのであり、また、○印で示されている本発明の歯形修正歯車によれば、●印で示されている従来のものに比較して、10～20dB程度の騒音低減効果が得られることが判る。

以上、本発明の一実施例を図面に基づいて詳細に説明したが、本発明は他の態様で実施することもできる。

例えば、前記実施例では第1図に示されている

15

シュミレーションプログラムによって噛合い誤差の主として一次成分、二次成分を求め、それに基づいて目標修正量 P^* 、 S^* 、 B^* 、 R^* および C^* を設定するようにしているが、バイアス修正の目標修正量 B^* に関しては、歯車の諸元などによっても異なるが、本発明者等の測定によれば、検査歯幅寸法を $W(\text{mm})$ としたとき、前記(1)式を満足するように設定すれば、必ずしもシュミレーションプログラムによって一々噛合い誤差を求めなくても、騒音低減効果が得られる。但し、この目標修正量 B^* はバイアス修正のみの修正量であるため、他の修正要素、例えば圧力角修正や振れ角修正による修正が加えられる場合には、更にそれ等の修正量が加算される。また、かかる(1)式の目標修正量 B^* は、JIS4級相当の歯車を製造する際の目標値で、実際に製造された歯形修正歯車の歯面形状は上記目標修正量 B^* に、10～15 μm 程度の加工公差を含んだものとなる。なお、(1)式では目標修正量 B^* が絶対値 $|B^*|$ として設定されているが、その正負は歯当り部が噛合い

17

16

進行方向に沿って長くなるように定められる。

また、前記実施例では噛合い誤差の主として一次成分、二次成分が小さくなる範囲に目標修正量 P^* 、 S^* 、 B^* 、 R^* および C^* が設定されているが、一次成分のみに基づいて設定したり、或いはフーリエ展開する前の噛合い誤差波形に基づいて設定することも可能である。

また、前記実施例では圧力角修正、振れ角修正、バイアス修正、歯形凹凸修正、およびクラウニング修正の5つの修正項目から最終の歯面形状が決定されているが、本発明の目的である歯車騒音を低減し得る限りにおいて、従来技術であるアライメント誤差等を吸収するための歯形凹凸修正、クラウニング修正を施した上で、少なくともバイアスによる修正が施されておればよいのである。

その他一々例示はしないが、本発明はその精神を逸脱することなく当業者の知識に基づいて種々の変更、改良を加えた態様で実施することができる。

4. 図面の簡単な説明

18

第1図は本発明に係る歯形修正歯車の目標修正量を求めるためのシュミレーションプログラムを説明するフローチャートである。第2図は第1図のステップS4における噛合い誤差を説明する図である。第3図は第1図のステップS7における噛合い誤差波形およびその一次成分、二次成分を説明する図である。第4図は第1図のシュミレーションプログラムによって得られたデータから圧力角修正および捩れ角修正の目標修正量を求めるための一例を説明する図である。第5図は第1図のシュミレーションプログラムによって得られたデータから歯形凹凸修正およびバイアス修正の目標修正量を求めるための一例を説明する図である。第6図は本発明に係る歯形修正歯車における噛合い誤差の一次成分と歯車騒音との関係を、従来の歯形修正歯車との比較において示す図である。第7図は本発明に係る歯形修正歯車における噛合い誤差の二次成分と歯車騒音との関係を、従来の歯形修正歯車との比較において示す図である。第8図は歯面形状の修正要素である圧力角修正、捩れ

角修正、バイアス修正および歯形凹凸修正を説明する概念図である。第9図は従来の歯形修正歯車における目標修正量を求めるための一例を説明する図である。第10図は第8図の圧力角修正量について更に具体的に説明する図である。

10：基準歯面

12：修正歯面

出願人 トヨタ自動車株式会社

代理人 弁理士 池田 治 幸

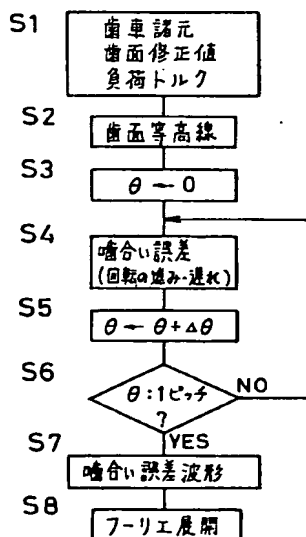
(ほか2名)



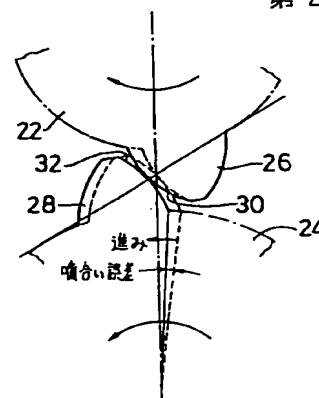
19

20

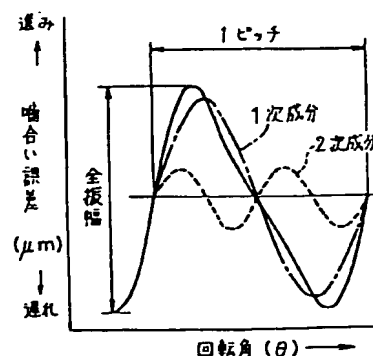
第1図



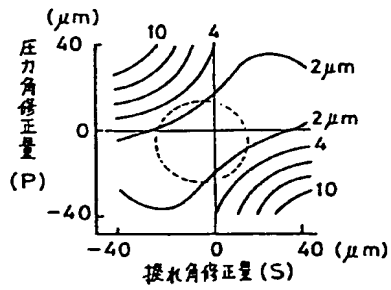
第2図



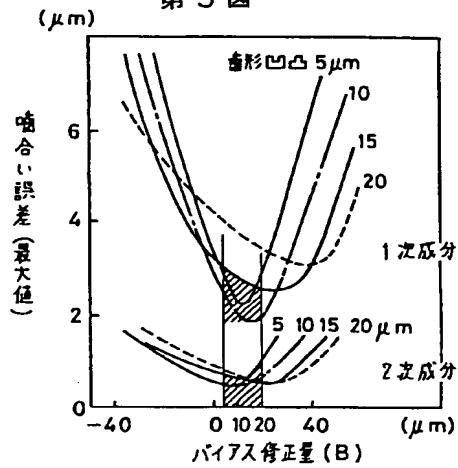
第3図



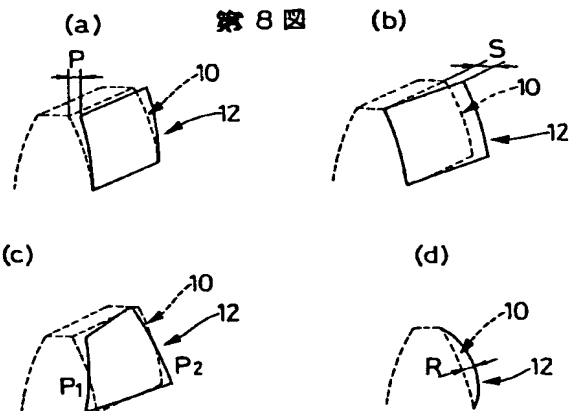
第4図



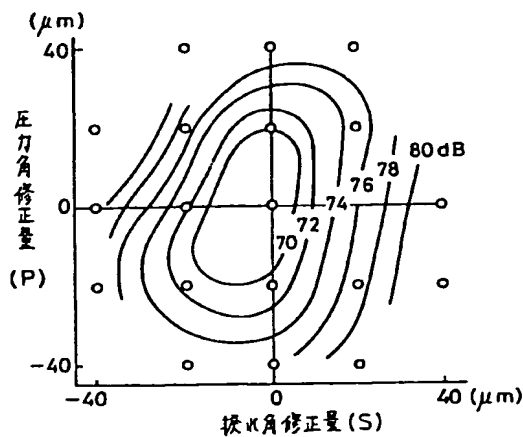
第5図



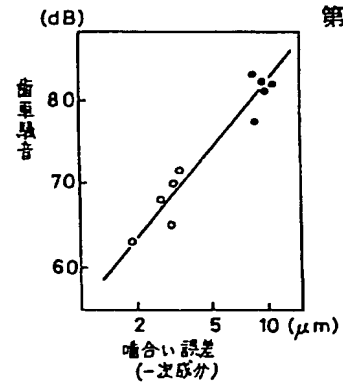
第8図



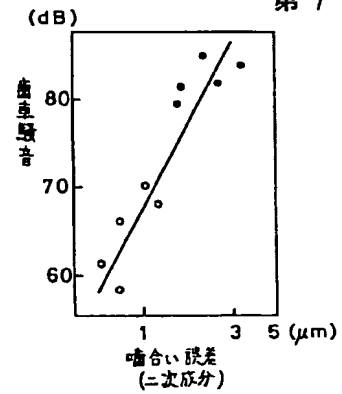
第9図



第6図



第7図



第10図

